DESCRIZIONE DI ALCUNI ISTRUMENTI DA MISURARE GLI ANGOLI PER RIFLESSIONE...

Giovanni Battista Amici



3

DESCRIZIONE
DI ALCUNI ISTRUMENTI
DA MISURARE GLI ANGOLI PER RIFLESSIONE

MEMORIA

DEL PROFESSOR GIO. BATTISTA AMICI

ASTRONOMO DELL' I. R. MUSEO DI FIRENZE; PROFESSOR DELL' UNIVERSITA' DI PISA; UNO DEI QUARANTA DELLA SOCIETA' ITALIANA DELLE SCIENZE; SOCIO ORDINARIO DELL'I. R. ACCADEMIA DEI GEORGOFILI DI FIRENZE, DELLA REALE ACCADEMIA DI MODENA; DELLA SOCIETA' ASTRONOMICA DI LONDRA; DELLA SOCIETA' DELLE ARTI DI SCOZIA; DELLA SOCIETA' DI FISICA, E STORIA NATURALE DI GINEVRA; DELLA REALE ACCADEMIA DI MEDICINA DI PARIGI; DELLA REALE ACCADEMIA DELLE SCIENZE DI LIONE, DI NAPOLI, BOLOGNA, PALERMO ECC.

INSERITA NELLA PARTE FISICA

DEL TOMO XXI. DELLE MEMORIE

DELLA SOCIETÀ ITALIANA DELLE SCIENZE

RESIDENTE IN MODENA.





MODENA



NELLA TIPOGRAFIA CAMERALE

1836.

DESCRIZIONE
DI ALCUNI ISTRUMENTI
DA MISURARE GLI ANGOLI PER RIFLESSIONE
MEMORIA
DEL PROFESSOR GIO. BATTISTA AMICI

Nel 1822 pubblicai la descrizione di un nuovo istrumento da misurare gli angoli, particolarmente in Mare, che chiamai Settore di riflessione a prismi. Il Sestante d'Hadley ed il circolo di riflessione di Borda adoprati pel medesimo ufficio non misurando archi superiori a 120°, e tutto al più 130°, lasciarono ancora desiderio che con qualche ritrovamento ne fosse ampliata la scala fino a 180° onde servissero alla cognizione della depressione dell'orizzonte, all'osservazione posteriore quando la terra, o le nubi nascondono il confine del mare dalla parte dell'astro, alla determinazione della latitudine allorchè la distanza del Sole al Zenit non arriva a 30°, e se ne guarda l'immagine riflessa da un orizzonte artificiale, ed in fine ad altre utili ricerche, nelle quali quei preziosi istrumenti non sono applicabili. I tentativi che erano stati fatti per ridurli ad uso più esteso, sia col variare la disposizione dei due specchi, sia coll'aggiungerne un terzo, o con altri diversi artifizi non avevano ottenuto alcun buon successo. L'idea che io concepii di sostituire dei prismi agli specchi ordinarii, sembrò soddisfare le brame degli osservatori. Il mio Settore infatti in un modo semplicissimo è capace di misurare gli angoli da zero fino a 180 gradi, e più, al qual fine bastano due prismi isosceli rettangoli, uno mobile sull'alidada che porta il nonio, l'altro

a canto ad esso, fisso sul piano del lembo diviso. Perciò gli oggetti si vedono ciascuno per la sola riflessione interna del respettivo prisma, a differenza di quello che succede nel Sestante, ove uno degli oggetti si guarda direttamente, e l' altro per doppia riflessione degli specchi. Nè il nuovo istrumento manca del pregio degli antichi, di mirare per diritto ad uno degli oggetti, sebbene i raggi arrivino all' occhio dopo essersi una sol volta riflessi; imperciocchè le rifrazioni che succedono nel prisma entrando ed uscendo, possono deviare la luce in maniera che l'asse del cannocchiale, e l' oggetto si trovino in una medesima linea retta che passi pel piano riflettente, o ad esso sia parallela (1). Soltanto nel caso di prendere angoli prossimi, o eguali a 180 gradi l' asse del cannocchiale non può incontrare alcuno degli oggetti che si vogliono osservare, ma stando inclinato ad ambidue rende meno agevole il trovarli. Tuttavia il mio lavoro fu accolto con molto favore dagl' intelligenti, e parecchie domande mi furono fatte da illustri astronomi e navigatori per procurar loro istrumenti di questa specie. La mia descrizione venne copiata in diversi giornali scientifici, ed il celebre Brewster ne formò un articolo nella sua Enciclopedia ove ne parla con elogio. Divulgatosi in tal maniera il principio della mia costruzione, alcuni artisti in Inghilterra ed in Francia si accinsero ad imitarla (2). Io stesso mi proposi di riprodurre altri Settori e Circoli interi con prismi di maggiori dimensioni. Ma un ostacolo insormontabile si op-

---

(1) Vedi fig.ª 1.ª Il prisma A è fermato sopra il Settore MN, in modo che il suo piano riflettente prolungato passerebbe per l' asse del cannocchiale Q. L' altro prisma B a canto ad esso si muove coll' alidada P; e quando l' angolo da misurarsi supera 100 gradi, nel qual caso cesserebbe la riflessione totale del prisma mobile, allora il cannocchiale Q si gira intorno al centro del Settore mediante il braccio che lo sostiene X. Si vedrà in appresso che per un miglioramento introdotto, il cannocchiale rimane nell' attuale sua posizione fino prossimamente ai 180.°

(2) Correspondence Astronomique ec. du Baron de Zach: huitieme volume: page 611, et 506. Vol. XI. page 239.

pose alla speranza di vedere introdotto l'uso generale di questo istrumento. L' estrema difficoltà di trovar del vetro limpido, e senza strie da poter fare i prismi, fu lo scoglio nel quale io urtai, e fu ancora una delle cagioni che rese infruttuosi i tentativi degli altri ottici.

Il Barone di Zach zelantissimo promotore della fabbricazione e miglioramento dei Settori prismatici, informato dell'impossibilità di trovare in altri paesi del vetro puro, ricorse a Monaco in Baviera a quelle officine che in tal genere godevano della maggiore riputazione. In data 3 Febbrajo mi scriveva. " J' ai vu avec bién de la satisfaction que vous vous étes occupè de sa confection, (d'un gran Settore di riflessione) mais que ce sont les prismes de verre qui vous arretent. J'avais ecrit à M.r Utschneider pour les avoir, mais je n'ai jamais eu de reponse.

Dés que j' ai reçu votre lettre, j'ai ecrit à M.r Ertel, ce qu' à la verité j'aurai dû faire plutot, et je l' ai prié de m' envoyer au plus vite possible les deux prismes rectangulaires dont le grand coté de 15 lignes du pied de Paris ,, ... Con altra lettera 4 Marzo 1823 così si esprimeva. " Je me hate de vous apprendre qu' enfin j' ai reçu reponse de Munick relativement aux prismes pour le Secteur de reflexion. Voici ce que M.r Fraunhofer en dit. D' abord il a été tres-surpris de leur grandeur extraordinaire, et dit que c' etait un ouvrage trés-difficile et trés-penible à faire, et à les construire parfaitement plans, que cela prenderait beaucoup de tems et que le prix en serait exorbitant. Ce qui me parait singulier, c' est que M.r Fraunhofer ne fait aucune mention de la difficulté a trover de verre sans veines, filandres, stries ec; il parle seulement de la difficulté de travailler ces verres. Suffirait il peut-étre de n' avoir que le verre pour travailler ensuite vous-même ces prismes ? J' attends sur cela vos conseils, et vos renseignemens avant de repondre a M.r Fraunhofer. ,,

Di niuna pena era per me il pulimento esatto dei prismi;

la pratica che precedentemente io aveva fatto di questo lavoro, mi aveva insegnato abbastanza per condurlo a fine colla più rigorosa precisione. Null' altro mi occorreva che il vetro greggio, e M.r Fraunhofer dopo non breve tempo me ne inviò tre pezzi accompagnandoli colle seguenti linee in data 6 Ottobre 1824. " M. le Baron de Zach à Génes a commandè, il y a une année, trois prismes de Crown-glass homogenes sans poli. J' ai le plaisir de vous les envoyer ci-joints. Le prix est 21 florins. Ordinairement je ne fonds pas du verre pour le vendre sans le mettre en oeuvre ; ce n' est que par égard de M. le Baron, et de vous, que j'en fais un éxcéption, qui cependant doit être sans consequence, ayant refusé en plusieurs occasions la vente du verre.

Il vetro fuso del celebre ottico bavarese era, come doveva aspettarsi, di una trasparenza ed omogeneità meravigliosa. Con questo io potei formarne dei prismi che comportavano un ingrandimento di sessanta volte con tanta distinzione da fare scuoprire doppia la stella Castore la cui distanza è 5,"2. Ma la risposta di Fraunhofer di non voler prestarsi a vendere un prezioso materiale che dalle sole sue mani poteva uscire, mi costrinse a sospendere i miei lavori, e ad abbandonare il pensiero di vedere col mezzo, anche dell' opera altrui, procurato alla scienza un esteso numero di utili istrumenti.

Le mie ricerche si rivolsero allora ad altro principio, quello cioè comune degli specchi, dalla varia disposizione dei quali mi lusingava ottenere qualche miglioramento. Trovai infatti che due soli specchi collocati nella maniera che dirò, sopra un cerchio intero, invece d' un settore, offrivano alcucuni di quei vantaggi, dei quali io andava in traccia.

La fig. 2ª rappresenta l' istrumento come venne da me eseguito. AB, CD sono due cerchi concentrici simili a quelli di Reichemback, dei quali l' esteriore AB è il cerchio lembo di pollici 4 e linee 9 di diametro diviso di 20 in 20 minuti secondi, mediante i quattro nonii del cerchio CD. Con quest' ultimo cerchio CD gira uno specchio piano S fermato nel

centro perpendicolarmente sopra una rotella EF; BHI è un telajo robusto collegato al cerchio lembo che porta un secondo specchio T fisso con angolo costante di 22° ½ all' asse del Cannocchiale Q. Una vite V serve a mettere la superficie riflettente T nello stesso piano della superficie S, allorchè l' alidada segna o.° Coll' altra vite U viene abbassato o alzato il cannocchiale onde prenda la luce secondo il bisogno, maggiore piuttosto da uno specchio che dall' altro. In R vi sono gli anelli, che contengono i vetri colorati i quali hanno la forma di semicerchi. Due possono cuoprire il segmento dell' obbiettivo dirimpetto allo specchio mobile S, gli altri due quando occorra, servono ad indebolire i raggi provenienti dallo specchio immobile T.

L' asse del Cannocchiale avendo un' incidenza costante di 22.° ½ sopra uno dei piani riflettenti, porta come si sa dalla catottrica, nel campo di vista quei raggi che sono deviati 45 dalla direzione di esso. Questa circostanza che obbliga a dover mirare ad un posto ove non esiste l'oggetto che si vuole vedere, ne rende malagevole la ricerca, e quantunque la direzione del cannocchiale rimanga sempre ugualmente inclinata alla linea dell'oggetto, bisogna nondimeno convenire che ciò formerebbe un difetto dell' istrumento; imperocchè non è facile giudicare in qual punto debbasi rivolgere il cannocchiale nel cielo onde mettere nel campo un astro qualunque. Ma tale inconveniente l'ho del tutto tolto coll' applicazione di un cannocchialetto Galileano che serve di mira accanto all' oculare. Allorchè l'oggetto si scuopre in mezzo alla mira in cui con somma prestezza si guida, non resta che volger l'occhio al maggior cannocchiale per ivi vederlo ad un tratto. Questa mira viene indicata in M figura 3.ª parallella al raggio incidente OI, il quale si riflette dallo specchio fisso SS' verso l'occhio G.

Se si suppone che OI sia un raggio orizzontale, la figura stessa palesa la comoda posizione dell' osservatore per prendere le altezze. Lo specchio mobile TT' partendo dallo stato

parallello ad SS', e ruotando nel senso AB misura tutti gli angoli compresi dall' arco AB, il quale è di 120.° Di più se la rotazione, cominciando dal precedente punto di partenza si fa retrograda, si possono misurare gli angoli negativi da A fino ad H, o sia da zero fino a 27°, al quale si giunge quando lo specchio TT' abbia acquistata una inclinazione all'asse del cannocchiale di soli 9°, inclinazione che può sopportare tanto per la sua lunghezza di pollici 2 linee 8, che per l'esattezza del suo piano senza rendere oscure, o deformi le immagini riflesse.

Se le qualità del mio circolo fossero circoscritte a quel poco soltanto che sin qui ho notato, sarebbero già sufficienti per non posporlo ad un Sestante comune ; imperocchè la facilità di puntare all' oggetto coll' aiuto della mira, si può considerare uguale in ambidue le specie; eguale parimente l'estensione della scala di 120°, restando in favore della mia costruzione la prerogativa di misurare gli angoli positivi e negativi fino a 27°, entro il qual limite non fa d' uopo nelle osservazioni di determinare il principio di numerazione, ossia l' errore dell' alidada. Ma vi sono pregi di maggior conseguenza, che raccomandano il nuovo circolo, e che io anderò esponendo. Primieramente la privazione di eccentricità negli specchi è già palese, e basta solo mentovarla.

Giunti all' estremo B dell' arco AB, ed andando verso C i raggi incidenti sono intercettati dal telajo BC, e non possono dallo specchio riflettersi contro l' occhio. Vi è dunque un angolo BIC, perduto che ascende a 30.° Ma progredendo a ruotare l'alidada, la riflessione ritorna possibile per tutto l'arco CD di 147°. In tal modo l' estensione della scala ABCD ammonta a 297° esclusi gli angoli compresi da 120° a 150°, i quali però, come vedremo, si misurano col semplice voltare di sotto in sù l'istrumento. Nella attuale posizione impertanto si pigliano le altezze da zero a 120°, e colla precauzione di piegare un poco la persona per non impedire l' ingresso dei raggi posteriori, si determinano ancora le altezze dai 150° ai 180°.

Ma col capovolgere il cerchio, e guardando nella maniera che indica la figura 4.ª si ottiene parimente la vista dei due orizzonti O, O' diametralmente opposti, e ciò quando lo specchio mobile abbia girato un angolo retto; inoltre si prendono tutte le altezze comprese fra 63° (supplemento di 297°) e 180°, di guisa che l'angolo escluso nell'antecedente posizione per l'ombra del telajo BC, resta in questa seconda maniera misurabile. Da ciò quindi evidentemente emerge quest' altra utilità, che combinando i due modi di tenere l'istrumento diretto o capovolto, alcuni angoli vengono misurati tanto al di là come al di quà del punto zero, per cui l'osservazione preparatoria che fa conoscere l'errore dell'alidada si rende inutile. Tali angoli sono i compresi fra zero, e 27°, fra 63° e 120°, fra 150° e 180.°

Uno dei vantaggi di maggiore importanza che un cerchio intero possegga, si è quello di correggere mediante dei nonii opposti gli errori di eccentricità, e di attenuare quelli delle divisioni. Questo solo basterebbe a farlo anteporre ad un qualunque istrumento costruito sullo stesso principio, che non avesse per lembo, che una porzione della circonferenza, quantunque di un raggio assai maggiore. Troughton senza appoggiarsi ad alcun calcolo, ma giudicando solo con quel tatto fino che una lunga esperienza gli aveva procurato, pensava che nel suo cerchio di riflessione non ripetitore avente tre nonii, e col quale si osserva a dritta e sinistra dello zero, gli errori delle divisioni fossero ridotti ad un sesto del loro semplice valore. Conseguentemente il cerchio suo potrebbe stare al pari di un sestante di raggio sestuplo.

Non fermandomi a discutere quì se l'opinione del celebre artista inglese sia totalmente precisa, dirò che nel mio istrumento oltre i quattro nonii dei quali è corredato, esiste ancora un artificio con cui gli angoli possono a piacere misurarsi sopra qualunque parte del lembo diviso. La rotella EF (fig. 2ª) ha un perno che passa per l'asse del cerchio nonio CD, intorno del quale, occorrendo, si volge. Da questo

movimento indipendente risulta che lo specchio S può rotare, e mettersi parallello all' altro T' quando i nonii restano fermi sopra una divisione qualunque la quale, come è manifesto, diventa il principio di numerazione ossia lo zero per le successive misure angolari.

Uno stesso angolo può dunque prendersi reiteratamente in giro sulla circonferenza onde nel medio delle osservazioni eliminare gli errori provenienti dalle divisioni. In un circolo perfettamente diviso il reiterare sarebbe superfluo, come soprabbondante riescirebbe la lettura di diversi nonii, quando niuna eccentricità ancora esistesse nei cerchi. Nel primo esemplare di questi istrumenti che ho eseguiti con specchi metallici, i quattro nonii segnano in tutte le posizioni sempre il medesimo angolo senza incertezza, cosicchè la lettura di un nonio vale il medio della lettura di tutti. In questo modello il reiterare quanto si vuole non recherebbe precisione maggiore ; ma si concepirà facilmente che una tale operazione deve prestare un importante servigio se manchi la regolarità nella graduazione del lembo.

Un' altra qualità del mio circolo, che per distinguerlo dagli istrumenti noti, chiamerò circolo *reiteratore* si è quella di presentare in parità di circostanze gli oggetti un poco più luminosi di quello che si vedrebbero colla disposizione degli specchi secondo il sistema comune di Hadley. Ciò si può dimostrare così. Sia a il numero dei raggi che cadrebbe sull'obbiettivo senza l' interposizione degli specchi ; sia $\frac{1}{m}$ il rapporto della perdita di luce in virtù di una semplice riflessione. Ognuna delle due immagini riflesse sarà evidentemente illuminata da una luce espressa da $\frac{a}{2}-\frac{a}{2m}$.

Ora negli altri istrumenti, nei quali gli oggetti si guardano direttamente e per due riflessioni, rappresenti $\frac{1}{x}$ la porzione dell' obbiettivo occupata dagli specchi, sarà $\frac{x-1}{x}$ la por-

zione scoperta. Perciò ritenendo le precedenti denominazioni la luce residua dopo la prima riflessione uguaglierà $\frac{a}{x} - \frac{a}{mx}$, e dopo due riflessioni sarà ridotta ad $\frac{a}{x} - \frac{a}{mx} - \left(\frac{a}{x} - \frac{a}{mx}\right)\frac{1}{m}$. Frattanto perchè l'immagine riflessa sia eguale in chiarezza all'immagine diretta conviene che sussista l'equazione $\frac{(x-1)a}{x} = \frac{a}{x} - \frac{a}{mx} - \left(\frac{a}{x} - \frac{a}{mx}\right)\frac{1}{m}$, da cui si ricava $x = 2 - \frac{2}{m} + \frac{1}{m^2}$, Quindi sostituendo e riducendo si ottiene $\frac{m^2-2m+1}{2m^2-2m+1}\,a$, che rappresenta l'illuminazione di ciascuna delle due immagini. Questa formola sottratta dall'altra $\frac{a}{2} - \frac{a}{2m}$ che abbiamo trovata prima, lascia per residuo $\frac{a(m-1)}{4m^3-4m^2+2m}$ quantità positiva che esprime il numero dei raggi riflessi di più nella disposizione degli specchi da me adottata.

Quantunque il circolo reiteratore sia per la prima volta in questo scritto sottoposto agli occhi del pubblico, esso però era costruito fino nel 1824. All'occasione che io feci nel 1827 un viaggio in Francia, ed in Inghilterra, i primi ottici, e meccanici di quei paesi lo esaminarono con altri istrumenti che io portava di mia invenzione. Trougthon pochi giorni dopo d'averlo veduto mi mostrò due specchi rozzamente uniti insieme ad angolo, dicendomi d'aver concepita molto tempo avanti di me quella disposizione da lui abbandonata perchè gli parve imperfetta. Era infatti naturale il posporla a quella di Hadley, quando si lasciava sussistere l'inconveniente di mirare ove non esiste l'oggetto che si vuole osservare; inconveniente reso anche più grave dal tenere il cannocchiale ad angolo variabile sullo specchio fisso. Ma il pensiero di fare ruotare due specchi piani l'uno sopra l'altro onde misurare gli angoli, rimonta ad un' epoca ben più antica di Troughton. Parecchi scrittori l'attribuiscono a Caleb Smith il quale propose su questo principio un Ottante che porta ancora il nome dell'inventore.

È poco noto, ed io pure l'iguorava, quando descrissi il mio Settore di riflessione, che questo medesimo Smith avesse indicato di far uso indifferentemente di specchi o di prismi pel suo Ottante. Con questo suggerimento per altro, egli non aveva in vista che di produrre tanto cogli uni che con gli altri, una riflessione analoga, e non iscuoprì la principale proprietà che hanno i prismi di riflettere la luce quando anche il piano di riflessione sia parallello ai raggi incidenti, proprietà la più essenziale che credo essere io il primo che l'abbia notata, e riconosciuta utile per misurare con facilità gli angoli da zero fino a 180.° Per verità è molto curioso che un periodo di undici anni abbia fatto perderne la ricordanza ad alcune persone, e che certo Steinheil di Monaco abbia dato a costruire un cerchio a prismi di sua invenzione a quel medesimo Ertel, cui il Barone di Zach si era indirizzato per procurarmi il vetro da fare i prismi al mio Settore. La descrizione dei circoli a prismi fabbricati a Monaco si trova inserita nei Numeri 243, 247 dell' Astronomische Nachrichten stampato in Altona anno 1833, e chi vorrà darsi la pena di leggerla in confronto della mia lettera pubblicata nel 1822 (3), vi ravviserà una straordinaria coincidenza d' idee espresse quasi con le medesime parole. Una differenza non pertanto distingue il mio dall' istrumento di Monaco, la quale consiste nell' avere messo in quest' ultimo i prismi uno sopra, ed uno sotto mentre io indicai solo di collocarli uno a canto dell'altro. Vuolsi ora sapere il motivo che m' indusse a situare i prismi in quel modo? La ragione è del tutto semplice; essi presentano gli oggetti chiari il doppio di quello che si vedono nella riformata moderna disposizione. Infatti un prisma di ve-

---

(3) La formola che io diedi in questa lettera per conoscere la differenza tra l'angolo vero, e l' angolo misurato dall' istrumento, quando l' asse del Cannocchiale è inclinato al piano delle divisioni, per mia inavvertenza riuscì difettosa. Io mi accorsi di quest' errore appena pubblicata la corrispondenza, e lo levai nel primo volume della collezione delle mie Memorie stampata in Modena l' anno 1825.

tro isoscele rettangolo, allorchè i raggi incidenti sono per esempio parallelli o poco inclinati al piano di riflessione, manda all' obbiettivo cui sta davanti, una striscia di luce larga circa la quarta parte dell' ipotenusa. Se dunque due prismi stanno l' uno sopra l'altro, non valgono, per tramandare luce di più d' un prisma solo: ma se i due prismi giacciono l'uno a canto dell'altro, le strisce luminose riflesse sono due che hanno ciascuna la medesima larghezza d' un quarto dell' ipotenusa.

Appena uscito dall' officina di Ertel il circolo a prismi, il Sig. S. G. Horner con sua cortese lettera dei 20 Febbrajo 1833 me ne diede contezza. Questo distinto Astronomo e Navigatore prevenuto in favore del mio Settore, che undici anni prima egli aveva adoprato in Genova col Barone di Zach, volle offrirmi la sua mediazione per procurarmi del vetro limpido dalle grandi fabbriche del Monte Jura. Una esibizione tanto gentile non poteva che essere da me accolta con giubbilo, e pochi mesi bastarono a mettermi in possesso di quattro grossi prismi di Crown-glass esenti da strie usciti dalla manifattura in Soleure della Vedova Guinand, capace di fonderne ad ogni richiesta dei simili, e perfettissimi. Questa avventurosa circostanza richiamando la mia attenzione sopra il soggetto al quale per lo innanzi mi era applicato, ha contribuito a portarvi un considerabile miglioramento. Io presento quindi al pubblico un nuovo circolo moltiplicatore a prismi, nel quale ho introdotto tutte quelle modificazioni che l' esperienza mi ha dimostrate utili. A me pare d' aver toccato lo scopo cui miravano gli astronomi viaggiatori, e se il giudizio degl' intelligenti mi confermerà in questa opinione, sarò molto contento di aver potuto rendere un servizio alla navigazione.

La fig.ª 5.ª mostra l'istrumento. AB è un cerchio d' ottone con lembo d'argento di sei pollici di diametro. Un alidada NM mobile intorno al cerchio colla vite tangente V contiene due nonii opposti. Essa porta nel centro il prisma di vetro P isoscele rettangolo fermatovi stabilmente con quattro viti, le quali servono ancora a rendere i tre spigoli parallelli

all' asse di rotazione. Il circolo colla sua alidada unita gira sopra un secondo asse concentrico mediante un' altra vite tangente U attaccata al telajo inferiore CDE. All' estremità del braccio C, che sporge in fuori è congiunta la base d' un secondo prisma Q, base sopra della quale appoggiano parimente due serie H, L di anelli che contengono i vetri colorati. Il prisma Q, col soccorso della vite R si pone coi suoi spigoli parallelli agli spigoli di P e serve a riflettere la luce, che riceve da questo, contro il cannocchiale S sostenuto dal braccio E. Con movimenti applicati al medesimo cannocchiale esso si alza, o si abbassa rispetto al piano del lembo, ed a questo si conduce parallello.

Da ciò che ho descritto facile sarà adesso comprendere come agisca l' istrumento. Primieramente debbo notare che la faccia riflettente del prisma Q giace inclinata all' asse del cannocchiale sotto un angolo costante di 45.°, e non occupa che la porzione inferiore dell' obbiettivo. Con la parte superiore adunque del medesimo cannocchiale si guarda direttamente l' oggetto lontano, e nel modo stesso che si opera cogli specchi dei noti circoli, o sestanti, si porta colla rotazione del prisma P l' immagine riflessa nel campo di vista, e si eseguisce la sopraposizione, o il contatto delle immagini. Qualunque sia il grado segnato dai nonii, quando succede la coincidenza delle due immagini, diretta e riflessa, dello stesso oggetto, esso è il principio di numerazione, ossia il punto zero, e corrisponde al parallellismo della faccia dei prismi. Questo parallellismo è delineato nella figura 5.ª dal quale passando ad altra posizione col girare l' alidada, la somma degli archi percorsi dai due nonii uguaglia l' angolo che un raggio riflesso farebbe con un raggio diretto che entri nell' occhio per la stessa linea, che vale quanto dire, uguaglia la distanza angolare dei due oggetti osservati.

Girata l' alidada 45.° da N verso A, che è il senso in cui si succedono i numeri delle divisioni, la faccia opposta all' angolo retto del prisma P riesce parallella ai raggi incidenti che

provengono da un oggetto situato a 90.° dalla direzione del cannocchiale ; e quantunque questa sia la posizione più sfavorevole rispetto alla quantità di luce che il prisma mobile riflette, pure di questa a sufficienza ne resta, mentre consiste in una striscia, o apertura di circa quattro linee di larghezza, ed alta quanto il prisma medesimo. Ma se si continuasse a muovere l' alidada per parecchi altri gradi, e per lo stesso verso, la striscia luminosa diminuirebbe successivamente di larghezza terminando col perdersi affatto (4). Potrebbe dunque sembrare che con questo prisma non fossero misurabili, che angoli fino a 90.° o poco superiori. Ciò non pertanto esso serve senza alcuno ostacolo a prendere gli angoli fino a due retti colla stessa precisione, e chiarezza con cui si misurano gli angoli piccoli. Infatti basta considerare che giunto il nonio N. ai 45.°, se si gira l' alidada 180.° il piano di riflessione rimane parallello a se stesso, nel mentre che l' angolo retto del prisma prende una posizione diametralmente contraria rispetto al centro del circolo; perciò la riflessione seguita a farsi da 90.° a 180.° nel modo medesimo che si effettua da 90.° a zero. E quì si noti che non occorre eseguire alcuna lettura di più nè un' ulteriore rettificazione dell' istrumento perchè l' alidada giri 180.°, la sola differenza consiste nello scambiare denominazione ai nonii, volendo dalla somma dei loro archi percorsi avere l' angolo compreso tra 90.°, e 180.°

Noi abbiamo supposto finora che l' alidada giri seguendo l' ordine della numerazione, nel qual caso si vedono per riflessione successivamente tutti quegli oggetti che occupano la semicirconferenza situata, per esempio, a destra dell' osservatore, ma l'alidada può muoversi ancora in senso retrogrado, quali dunque sono gli angoli che per questo movimento possono dall' altra parte determinarsi? Chi conosce l' ottica, comprende

---

(4) Un prisma di fllint-glass di un grande indice di rifrazione comporterebbe una maggiore apertura sotto le stesse dimensioni di un prisma di crown-glass ; ma la fusione riescirebbe forse più difficile per escludere le vene, o strie.

subito che soli 6.° circa di rotazione (secondo la qualità del vetro) si potrebbero effettuare, dopo dei quali cessa la riflessione totale interna del prisma, e si converte in rifrazione; ma il provvedimento che ho immaginato di stagnare la grande faccia del prisma, esclude il detto limite, e i raggi provenienti da un qualunqne oggetto posto a sinistra dell' osservatore subiscono la necessaria riflessione, finchè l'incidenza resta intercetta dal prisma fisso; la qual cosa succede soltanto al grado ottantesimo (5). Da ciò ne segue che per questi ottanta gradi il mio circolo gode della proprietà di misurare gli angoli al di quà ed al di là del punto zero, e si rende suscettibile della moltiplicazione nella maniera stessa che si usa coi circoli di Borda, cioè collimando alternativamente ai due oggetti senza cambiare la posizione del piano dell' istrumento, oppure collimando sempre al medesimo oggetto, e rovesciando il circolo ad ogni osservazione. Per verità questa operazione nel circolo di Borda si estende a più di 120.°, ma restano da questi esclusi

(5) Se la foglia di stagno sia bene applicata, la quantità di luce riflessa dal prisma non differisce sensibilmente da quella che si ottiene da esso per riflessione totale. Senza dunque perdere nulla in chiarezza i prismi isosceli stagnati nella faccia disuguale sono capaci di misurare angoli molto maggiori di quelli che si possono ottenere daî prismi non stagnati. Impiegando questo artifizio nel prisma mobile B della *fig.* 1. esso seguita a riflettere i raggi finchè dal cannocchiale Q non venga intercettata la loro incidenza; la qual cosa accadrebbe verso i 180°, e che si evite deviando allora un poco la direzione del cannocchiale medesimo. Se si volesse poi rinunziare al pregio di giungere fino a 180°, ecco una nuova idea di un buon istrumento. ACB *fig.* 12. è un cerchio, AB è l'alidada che porta il prisma M isoscelo stagnato, F è il prisma fisso posto allo stesso livello dell' altro M da cui riceve la luce, e la riflette contro l' obbiettivo del cannocchiale Q, il cui segmento superiore rimane libero. Con questa disposizione il prisma M misura gli angoli da zero fino a 170° gradi circa tanto dalla parte di B come dalla parte di A, ossia sopra, e sotto zero; col vantaggio di mirare direttamente ad uno degli oggetti, e di poter moltiplicare l' angolo in tutte le maniere. Sostituendo un prisma colla foglia di stagno, allo specchio piano-parallello dell' alidada di un comune circolo moltiplicatore di Borda, ciò sarebbe anche un perfezionamento relativo all' ampiezza della scala.

venti o trenta gradi in causa dell' ombra del piccolo specchio e dei vetri oscuri. Nel mio tutta la scala degli 80.° rimane libera. D' altronde un altra maniera di ripetizione è praticabile nel circolo che descrivo, e vale per tutta l'estensione dei 180.° gradi. Essa si compie conservando l'istrumento sempre rivolto dalla stessa parte col cannocchiale diretto ad uno degli oggetti, e per ogni ripetizione partendo dal parallellismo delle facce riflettenti dei prismi, il quale si riconosce dalla sopraposizione delle due immagini dell' oggetto a cui si collima. Così il cannocchiale S essendo puntato ad un oggetto X (fig. 5.) le cui immagini, diretta, e riflessa si sovrapongono, si gira l' alidada N verso A per portare al contatto dell' immagine di X quella di un altro oggetto Z, e si ha l' arco semplice XZ. Quindi colla vite U facendo retrocedere il circolo finchè le due immagini di X ritornino a sovraporsi, si ripete col moto dell' alidada N la precedente misura e si ha l'angolo doppio, e nella medesima maniera proseguendo si triplica, quadruplica ecc. ecc. Finchè l' angolo che si ripete non supera 90.° non è necessario alcuna avvertenza particolare onde evitare la confusione nella lettura delle divisioni : ma quando l' angolo è maggiore, per cui l'alidada deve come si disse girare 180.°, bisogna ritenere che ad ogni osservazione dispari i nonii cambiano denominazione e conservano la propria nelle osservazioni pari. Per esempio se il nonio N parte da zero gradi, e l' angolo da misurarsi sia 170.° nella prima osservazione sarà il nonio M 85.° distante dallo zero, e nella seconda osservazione sarà il nonio N, che indicherà l' angolo 170.°

Alla ripetizione che procede, secondo la serie naturale dei numeri (6) e che abbisogna della determinazione prelimi-

(6) Quando, per conoscere con più esattezza l'angolo semplice, si agisce in modo da leggere sul cerchio l' angolo doppio, poi quadruplo, sestuplo, ec. quell' operazione la chiamo *moltiplicazione*. Se poi la serie degli angoli progredisce sulla circonferenza secondo i numeri naturali 1. 2. 3. 4. ec. allora la denomino *Ripetizione*. La molti-

nare dello zero, è stato obiettato l'impossibilità di sovraporre le due immagini dello stesso oggetto in tutte le posizioni dell'alidada rispetto al circolo; dipendendo questo dal non potersi eseguire dagli artisti gli assi di rotazione dell'alidada, e del circolo perfettamente parallelli. In vero a causa della breve loro lunghezza il lavoro non è ovvio, sebbene con industria si possa praticare. Tuttavia supposto che rimanga questa imperfezione, o che coll'uso prolungato dell'istrumento o per altra causa si manifesti, un espediente che vado a proporre toglie a mio credere ogni difficoltà. Consiste questo in due piccoli cannocchiali acromatici di 10 linee d'apertura fermati stabilmente sopra una base comune alla distanza di tre pollici e mezzo dai centri degli obbiettivi e parallelli fra loro. Nel fuoco sidereo portano ciascuno due fili incrocicchiati, i quali col mezzo di viti si pongono respettivamente parallelli, ed a tale distanza che le loro intersezioni collimino al medesimo oggetto lontano veduto in ambidue i cannocchiali. Eseguito questo aggiustamento con precisione, esso vi resta immutabile, quando i cannocchiali siano montati simetricamente, e solidamente. Ora presentando contro uno degli obbiettivi il cannocchiale S del circolo, e contro l'altro obbiettivo il prisma P, se l'istrumento è bene rettificato, al punto zero si devono vedere in perfetta sovraposizione ambidue le copie dei fili incrocicchiati (7). Girando l'alidada, e poscia il circolo, se

---

plicazione, e la ripetizione arrivano a produrre lo stesso effetto di far scuoprire una frazione d'arco, impercettibile nella lettura semplice. In questo particolare diversificano dalla *Reiterazione*, la quale non accumulando successivamente quella frazione d'arco, non giunge mai a renderla visibile ma soltanto lascia col medio delle osservazioni un probabile avvicinamento al vero valore angolare.

(7) Invece dei fili incrocicchiati si può mettere in ciascun cannocchiale un diafragma semicircolare e disposto in maniera che quando l'immagine del diametro dell'uno venga a contatto coll'immagine del diametro dell'altro, i due semicerchi formino un cerchio intero. Il rettificatore che io ho costruito è rappresentato nella figura 13. Uno dei diafragmi degli oculari B si muove con quattro viti per due sensi ret-

sussiste una piccola inclinazione fra i loro assi di rotazione, non sarà possibile di rimettere mai le intersezioni dei fili una sopra l'altra, ma per lo scopo di ottenere delle ripetizioni d'angoli basterà far coincidere i due fili parallelli che giacciono perpendicolarmente al piano del circolo, e si avranno di quì i successivi punti di partenza.

Alcuni scrittori di navigazione sostengono che non si può determinare il principio di numerazione dei sestanti coll'uso delle stelle a causa della diffusione della loro luce sulla retina. Non so quanto fondamento abbia tale osservazione : in ogni caso i cannocchiali dei quali ho parlato costituiscono un rettificatore servibile per tutti i tempi. Ed abbenchè in mare non sia permesso d'istituire l'esperimento, che ci assicura il parallellismo degli assi dei due cannocchiali, perchè richiede immobilità, ed osservazione di un oggetto assai lontano ; pure l'istesso istrumento che serve a prendere gli angoli può reciprocamente verificare il rettificatore, se cade il dubbio che qualche alterazione vi sia successa. Basta col Sole, o colla Luna accertarsi dell'esatto parallellismo dei piani riflettenti, e poscia esaminare se sotto quella condizione i fili del rettificatore precisamente si cuoprono. Un rettificatore qual si richiede per un circolo eguale a quello che descrivo, non aumenterebbe il volume dell'istrumento, restando spazio per collocarlo nel fondo della cassetta la quale potrebbe avere dirimpetto agli obbiettivi dei fori opposti, coi suoi coperchi da aprire all'opportunità senza bisogno nè anche di levare il rettificatore dal suo posto. Una cassetta di base quadrata di 8 pollici di lato, ed alta quattro pollici basta per contenere l'intero istrumento con i suoi accessorj.

A un'altra maniera di verificazione si presta il mio cir-

---

tangolari. In oltre ambidue i tubi degli oculari ruotano intorno i respettivi assi dei cannocchiali, e si possono fermare con viti di pressione. Con questi movimenti si giunge presto a collocare parallelamente i due diametri dei semicerchi, e a render paralleli gli assi dei cannocchiali.

colo la quale gli viene somministrata dalla proprietà che ha di far vedere gli oggetti diametralmente opposti. Per questa serve un qualunque cannocchiale provvisionale, che abbia due fili in croce all' oculare, come sarebbe uno dei cannocchiali del rettificatore. Diretto che sia questo ad un oggetto terrestre, l' intersezione dei suoi fili ed il corrispondente oggetto si troveranno nella medesima linea retta. Ora col cannocchiale del circolo rivolto col suo obbiettivo verso l' obbiettivo dell'altro cannocchiale, si guardino i fili e mediante la riflessione dei prismi, si porti sopra i medesimi l' immagine dell' oggetto facendo l' opportuna coincidenza. Se le divisioni sono esatte, i nonii dovranno segnare 180.°, e ciò nel caso che l' oggetto sia tanto distante da rendere insensibile la parallassi dipendente dalla base che separa i due prismi, la quale è $3\frac{1}{2}$ pollici. Che se l'oggetto fosse prossimo, si potrebbe nonostante conoscere sulle divisioni il vero punto 180.° Infatti sia A (fig. 6ª) l' oggetto cui mira il cannocchiale CB, l'altro cannocchiale ED del circolo presentatogli davanti in senso contrario mostrerà i fili C nella direzione AC, e l' oggetto A potrà essere portato contemporaneamente alla vista nella stessa direzione mediante la riflessione dei prismi, dei quali quello del centro colla sua rotazione indicherà 180.° $\pm$ la parallassi. Adesso si rovesci il circolo come nella figura 7.ª guardando l' oggetto A direttamente, ed i fili C per riflessione, l' arco segnato sarà eguale 180.° $\mp$ parallassi, e perciò la semisomma delle due letture sarà il punto corrispondente a 180.°

Per chi naviga in mare riesce ineseguibile il processo che ho esposto, ma in tal caso, invece del cannocchiale provvisionale, un altro compenso viene offerto dalla linea di confine delle acque col Cielo. Se si punta il cannocchiale dell' istrumento direttamente all' orizzonte anteriore, col tenere il circolo in alto, i raggi che derivano dall' orizzonte posteriore passano sopra la testa dell' osservatore, e si può col muovimento dell' alidada ottenere il contatto delle due linee

diametralmente opposte. Poi continuando a mirare direttamente all' orizzonte anteriore se si capovolge il circolo, i raggi dell' orizzonte posteriore giungeranno al prisma mobile per disotto la testa che fa d' uopo piegare un poco, ed un nuovo contatto delle medesime linee opposte può venire effettuato (8). Il mezzo dell' arco percorso dall'alidada sarà evidentemente il punto che corrisponde a due angoli retti; e di più l' arco medesimo letto semplice, uguaglierà la depressione dell' orizzonte.

A questo proposito farò menzione d'una circostanza molto favorevole ed è, che la misura dell'angolo di depressione dell' orizzonte può essere moltiplicata anche seguendo il metodo stesso che si espose riguardo ai primi ottanta gradi, circostanza, dico, molto favorevole, perchè con la moltiplicazione circoscrivendo a pochi minuti secondi gli errori di osservazione, si può confrontare la depressione dell' orizzonte misurata colla depressione calcolata, e riconoscere gli effetti delle rifrazioni atmosferiche; problema di tanto interesse che il celebre M. Arago ha creduto bene di raccomandare recentemente agli Officiali della Bonite, e di ripeterlo anche nell' *Annuaire* del 1836 presentato al Re dall' uffizio delle longitudini.

Gli osservatori che adoprano istrumenti di riflessione conoscono il bisogno di situare l'asse del cannocchiale parallello al piano delle divisioni; e se l' artefice non ha trascurato i mezzi d'aggiustamento, per questo capo essi vi pervengono con diversi metodi. Comunemente si scelgono due oggetti alla

---

(8) L'osservazione contemporanea di due punti diametralmente opposti è sempre possibile col mio circolo, meno il caso di un oggetto al Zenit e della sua immagine nell'orizzonte artificiale. Stando colla testa distante tre o quattro piedi dalla superficie orizzontale riflettente si può giungere a prendere le altezze fino verso 89.° Per vedere a 90° non saprei concepire adesso altra maniera che sostituire al prisma dell' alidada un vetro piano a facce parallelle attraverso il quale i raggi discenderebbero verticalmente, e verticalmente riflettendosi indietro dall' orizzonte artificiale, sarebbero portati dal medesimo vetro piano al prisma immobile, e da questo al cannocchiale diretto al Zenit.

massima distanza angolare misurabile, e si mettono le loro immagini in contatto presso uno dei grossi fili che attraversano il campo dell' oculare, indi si passano le immagini medesime presso l'altro filo paralello, ed equidistante dal centro, e se il contatto sussiste ancora, si ha il criterio del buon aggiustamento. Quando gli angoli da misurarsi sono molto ottusi, si sa che l' errore proveniente dal contatto eseguito in un piano obliquo a quello del lembo è molto forte e per 180.° uguaglia il doppio della deviazione dell' asse del cannocchiale. Si sente quindi la necessità per questi casi di determinare con la massima precisione la posizione dell' asse medesimo, alla quale conoscenza vi giungo facilmente coll' uso del cannocchiale provvisionale. L' intersezione dei suoi fili, ed il punto lontano cui collima, essendo veduti contemporaneamente nel campo del cannocchiale del circolo, osservo se il contatto dei medesimi si effettua in tutti i punti del diametro del campo paralello al lembo, oppure nei punti di una corda. Nel primo caso il cannocchiale del circolo ha la giusta posizione. Nel secondo si deve inclinare per un verso o per l' altro, secondo chè la linea dei contatti sta sopra, o sotto il diametro, il quale deve essere indicato non dal mezzo di due fili distanti, come si pratica, più di due gradi fra loro, ma bensì da due fili paralelli assai più vicini, e di tanto che l' errore cui si può rimanere esposti non superi il limite della precisione desiderata.

Il cannocchiale del mio circolo è costruito sul principio medesimo dei nuovi microscopj acromatici, cioè l'obbiettivo si compone di due obbiettivi a due vetri per ciascuno posti uno dopo l'altro. In questa maniera comporta un' apertura di dieci linee con soli quattro pollici di distanza focale, ed ingrandisce con oculari acromatici cinque e quindici volte. Sebbene quattro siano le lenti che formano l'obbiettivo pure per essere incollate con mastice a due a due, e per la bianchezza del Crown-glass, assorbono in proporzione minore quantità di luce, che gli obbiettivi tripli inglesi non in-

collati ed eseguiti con Crown-glass verde. Io adopro ancora obbiettivi a due vetri soli, della medesima apertura di 10 linee, e con sette pollici di distanza focale. L'ingrandimento di cinque volte in un' apertura di dieci linee producendo la *chiarezza massima*, poichè il pennello luminoso emergente eguaglia la maggior larghezza della pupilla, io penso che debba giovare a prendere in mare l' altezza delle stelle col non rendere troppo languida l' immagine dell' astro o dell' orizzonte; inconveniente del quale si lagnano molto gli osservatori nelle notti oscure, e che interessa assai che venga tolto, o almeno diminuito.

Le divisioni del mio circolo sono di 20 in 20 minuti secondi, ciascun grado avendo tre parti, ed il nonio sessanta. Io sono sicuro che niuno dei segni del lembo è errato 5", e per conseguenza una suddivisione maggiore sarebbe opera facile, ma alcune considerazioni mi hanno determinato a preferire quella che ho eseguita. Primieramente perchè il processo della moltiplicazione dell' angolo all'opportunità supplisce per una minuta divisione: in secondo luogo perchè nella maggior parte delle osservazioni in mare, cause estrinseche introducono errori superiori ad un minuto, e parmi che l'osservatore debba essere abbastanza soddisfatto quando abbia la *certezza* che in una sola misura a tanta differenza il suo istrumento non lo lascia esposto. Inoltre una divisione moderatamente larga senza togliere all' esattezza, permette che siano i segni scolpiti nel lembo più profondamente, e però più facilmente visibili, lochè risparmia del tempo nelle letture. Infine perchè le divisioni non producano effetto illusorio dovrebbero guardarsi con microscopj di una forza proporzionata, i quali in un circolo di tre pollici di raggio per mostrare gli angoli minori di 20" riuscirebbero di troppo corta distanza focale ed apporterebbero inconvenienti di un'altra natura. Infatti determiniamo la forza da darsi al microscopio per metterlo in armonia col più debole potere del cannocchiale, che come si disse ascende a cinque volte. Si può supporre per semplicità, locchè

non altera il risultamento, di cui si va in cerca, che la distanza focale dell' obbiettivo sia tre pollici. Per ingrandire cinque volte occorrerà un oculare di linee 7, 2 di distanza focale, e perciò in un circolo di tre pollici di raggio, per vedere un angolo x della stessa grandezza con cui si presenta nel cannocchiale, farà d'uopo un microscopio della medesima forza di linee 7, 2, ma a motivo della riflessione degli specchi scemando della metà l'angolo x, sarà anzi necessario un microscopio di sole linee 3, 6 di lunghezza focale. Siffatta brevità adunque portando la lente in troppa vicinanza del lembo ne renderebbe più difficile l' illuminazione, e l' apertura del vetro ristretta in proporzione non permetterebbe di abbracciare tanto campo da comprendervi i numeri delle divisioni. Egli è vero che leggendo le divisioni sul circolo si viene a guardare immediatamente l'angolo $\frac{x}{2}$, mentre che nel cannocchiale si guarda l' immagine x la quale in virtù della aberrazione dell' obbiettivo, sarà meno precisa dell' oggetto medesimo ; di più nella lettura delle divisioni il giudizio della coincidenza dei segni non è un solo, come quello del contatto di due oggetti osservati col cannocchiale, ma si compone di varii giudizi formati dalla non coincidenza di altri segni equidistanti. Per questi titoli qualche vantaggio sembrerebbe essere dalla parte del microscopio, ma io penso che tuttociò sia contrabilanciato dal difetto della sola parallassi, che si mostra più sensibile quanto più forte sia l' ingrandimento. Nel mio circolo il microscopio ha 9 in 10 linee di distanza focale.

Io ho sopra indicato il prezioso vantaggio che reca l' artifizio di stagnare la superficie riflettente del prisma onde misurare fino a 80 gradi gli archi sotto zero; non debbo adesso lasciare di far menzione della produzione d' una falsa immagine, che ne deriva in alcuni casi, e del rimedio semplice che serve ad escluderla.

Quando si punta il cannocchiale ad un oggetto luminoso,

per esempio, al Sole, e che per riflessione si guarda un oggetto meno splendente, succede che i raggi del primo riflettendosi fortemente due volte nell'interno del prisma mobile entrano nel cannocchiale, ed in alcune posizioni possono disturbare l'osservazione. Ricorrendo alla fig.ª 8ª, si scorgerà chiaramente come ciò nasca. In essa è tracciato il corso dei raggi del Sole S, i quali dentro il prisma mobile P subiscono due riflessioni, e giungono all'obbiettivo M contemporaneamente ai raggi che emanano dall'oggetto L di debole luce. Quantunque la spuria immagine del Sole che per tal modo viene portata nel campo di vista non possa mai confondersi coll'immagine diretta dello stesso Sole nè mettersi a contatto stabile con l'immagine dell'oggetto L, perchè camminano in senso contrario in virtù del numero delle riflessioni che per l'una è pari, e per l'altra è dispari; pure volendo togliere del tutto quella falsa luce onde non riesca molesta, basta per il momento attaccare al lembo del circolo in B fig.ª 5ª una sottile e piccola lamina d'ottone che intercetti i raggi che dal Sole caderebbero sopra il prisma P. Ben si comprenderà che puntando direttamente all'oggetto più languido, non entra nell'occhio alcuno splendore meritevole di venire espulso, come non entra mai anche puntando al Sole quando si tratta di angoli assai piccoli, oppure maggiori di 90.°, nel quale ultimo caso il prisma rimane rivolto dalla parte contraria.

La leggerezza d'un istrumento che si debba adoprare a mano contribuisce assai a facilitare l'osservazione, specialmente quando la necessità ci costringe di rimanere in posizione incomoda, ma questa leggerezza contrasta con un ostacolo che non è ovvio superare entro certi limiti. Gli artisti inglesi con un ben architettato compartimento di lamine sottili puntellate, sono giunti nei loro istrumenti di marina ad accoppiare il più piccolo peso possibile con una solidità sufficiente. Il Sestante di Troughton che possiede l'I. R. Museo, è un modello di perfezione in questo genere. Esso ha sette pollici e mezzo di

raggio e pesa Kilogrammi 1, 36 (9). Io credevo in principio che il telajo CDE (fig.ª 5ª) del mio circolo essendo d'un solo pezzo d'ottone colle braccia larghe sei linee, e grosse due linee ed $\frac{1}{3}$, potesse ben resistere al piccolo peso delle parti che deve sostenere. Con mia sorpresa però mi accorsi, che nel capovolgere il circolo sensibilmente si piegava, turbandosi alcun poco il paralellismo dei prismi. Un accrescimento di grossezza non mi giovò ad escludere affatto la flessione, la quale sono riuscito soltanto a togliere perfettamente coll'applicazione del manico, come viene rappresentato nella fig. 9.ª In questa maniera l'istrumento rimane robusto, e comodo, pesando tutto completo per l'osservazione Kilogramma 1, 43.

Nell'*Astronomische Nachrichten* che ho sopra citato si trova sentenziato *essere impossibile di costruire prismi con due angoli uguali*. Tale osservazione ha indotto un grande astronomo della Germania a produrre la teoría dei così detti circoli prismatici di Steinheil, della quale solamente la prima parte N. 254 mi è pervenuta. Il lettore ricorderà pure che nella lettera di Fraunhofer a Zach si parla del penosissimo e difficilissimo lavoro dei prismi, che gli porterebbe ad un prezzo esorbitante. Ora quella impossibilità, o almeno estrema difficoltà, che è proclamata, sarebbe mai un nuovo scoglio da impedire l'introduzione estesa d'un buon istrumento? Io credo che ciò non avverrà. Ed a rimuovere ogni opposizione, pubblico quì il mio metodo di sottoporre all'esame i prismi per riconoscerne la bontà, quale privatamente io l'ave-

(9) Questo istrumento di recente acquisto porta il Numero 1706. Le divisioni sopra lembo d'argento danno 10''. La distanza focale del cannocchiale è 7 ½ pollici, e l'obbiettivo triplo ha 7 linee d'apertura. L'I. R. Museo possiede un altro sestante del medesimo Autore segnato N. 12 che ha undici pollici di raggio. Il paragone di queste due produzioni mostra il grande progresso che la meccanica, e l'ottica hanno fatto negli ultimi tempi.

vo già partecipato al Barone di Zach, e ad altri amici miei, metodo di cui la sola notizia basterà per dirigere un artista a condurre l' opera sua fino alla più scrupolosa perfezione.

Il principio sopra del quale si appoggia l'esperimento, consiste nella proprietà che ha un prisma di vetro prossimamente isoscele di riflettere la luce, quando anche il raggio incidente emana da un oggetto collocato dalla parte contraria della superficie riflettente. Da questa proprietà ne consegue che un oggetto può essere veduto contemporaneamente per la riflessione esterna della faccia adiacente ai due angoli eguali, e per la riflessione interna della medesima faccia. In questo modo mirando, per esempio, il Sole, se i due dischi che derivano dalle due opposte riflessioni esattamente si sovrapongono, si ha un criterio sicuro dell' uguaglianza perfetta dei due angoli del prisma ; che se (supposto l' asse del prisma orizzontale, e la faccia riflettente rivolta in alto) l' immagine del Sole riflessa internamente giace sotto l' immagine che proviene dalla riflessione esterna, in allora l' angolo più prossimo all'osservatore sarà minore dell' angolo più lontano : viceversa accadendo che l' immagine rifratto-riflessa stia al di sopra della semplicemente riflessa, ciò offre l' indizio che il minor angolo è il più remoto. Infatti sia ABC fig.ª 10.ª un prisma avente gli angoli alla base c, $c+x$. Il raggio che cade sulla faccia CB abbia l' incidenza I e sia r l' angolo corrispondente di rifrazione. Si chiami z l' angolo di riflessione interna. La nuova incidenza sia i, ed R l'angolo di emergenza. Se m: n rappresenta il rapporto dei seni d' incidenza, e di rifrazione dall' aria nel vetro si avrà

$$\text{sen.}\, r = \frac{n \text{sen.} I}{m},$$

$$z = 90^\circ - \text{Arc. sen.} \frac{n \text{sen.} I}{m} - c,$$

$$i = \text{Arc. sen.} \frac{n \text{sen.} I}{m} - x, \text{ e però}$$

$$\text{sen. R} = \text{sen.I} \cos.x - \text{sen.}x \sqrt{\frac{m^2}{n^2} - \text{sen.}^2 \text{I}}$$

Questa formola serve a calcolare l'inclinazione che il raggio incidente fa col raggio emergente, onde confrontarla coll' inclinazione che avrebbe il raggio riflesso col raggio diretto, quando invece del prisma, facendo $m=n$, si considerasse la sua base AB, come un semplice specchio piano. Dal quale confronto risulterebbero manifestamente le correzioni da farsi agli angoli osservati nell' istrumento usando un prisma mobile non isoscele. Ma senza entrare in tali applicazioni della formola si vede subito, che se l' angolo I è maggiore dell' angolo c, per esempio della quantità u, un raggio PS paralello a quello incidente sopra CB, che provenga dal medesimo punto di un oggetto lontano, può incontrare la faccia AB e riflettersi esternamente sotto l' angolo u. Ora se il prisma fosse perfettamente isoscele, l' angolo I uguagliando l' angolo R, il raggio uscito dall' interno del prisma si troverebbe parallello a QS, e perciò le immagini dello stesso punto vedute per riflessione, contemporanea interna, ed esterna, coinciderebbero esattamente. Ma nella circostanza che gli angoli alla base del prisma siano disuguali, quello verso l' occhio superando l'altro di x, il raggio riflesso QS, ed il raggio che esce dal prisma concorreranno dalla parte dell' oggetto; imperocchè la formola mostra che I—R è sempre maggiore di x. In questo caso adunque l'oggetto veduto per riflessione esterna comparirà più basso dell' oggetto stesso veduto per riflessione interna, ed il contrario accadrà quando l' angolo verso l' occhio sia il minore.

Niun gonimetro, niun teodolite può somministrare la misura degli angoli di un prisma con tanta esattezza, quanto si ha dall' osservazione che ho suggerita. I prismi eseguiti nel mio laboratorio resistono a questa severissima prova che ci dispensa dal tener conto di correzioni quando sono montati sul circolo. Inoltre l' esperimento precedente è atto a fare scuoprire ancora se in vece di un prisma il vetro ha piuttosto la forma piramidale, mentre in tal caso le due diverse

immagini appariranno l' una a canto dell' altra, e la riflessa internamente sarà dal lato stesso ove si troverà il vertice della piramide. I prismi poi perfettamente lavorati sono soltanto necessarii sull' alidada ; gli altri immobili poco importa se abbiano, o no i due' angoli alquanto diversi, purchè la differenza non sia tale da apportare indistinzione. Essi, cioè gl'immobili possono essere anche suppliti da specchi piani paralleli, che producono il medesimo effetto.

Ad appoggiare la bontà del circolo moltiplicatore prismatico che ho descritto, non riporterò quì determinazioni di latitudini, od altre osservazioni da me fatte di distanza di stelle alla Luna, di Azimuth &c: non è da tali buoni risultamenti che potrei esibire che il circolo debba dagl' intelligenti essere giudicato. Chi professa questa materia, sa fino a che punto può sperarsi la precisione quando sia nota la natura dell' istrumento. Una prodigiosa esattezza di misura ottenuta con macchine che pel principio della propria costruzione non avessero una efficacia corrispondente, sarebbe sempre sospetta ed attribuibile al caso non che ad altre cagioni. Io non sono partigiano dei portenti astronomici, o non ho la destrezza di farli. Quando si tratta di decimi di minuto secondo, ed anche di minuti secondi, parecchie circostanze ci possono illudere e tali minuzie sono soltanto accessibili ai grandi, e squisiti istrumenti adoprati da osservatori abili, e diligenti. Senza occuparmi di altre sorgenti di errori, non essendo questo il luogo, non voglio tacere d' una sola ignota fin quì agli astronomi, la quale dipende dalla conformazione dell' occhio.

Nel sestante di riflessione quando le immagini di due oggetti, l' una diretta, e l' altra riflessa, siano portate al contatto, esse si staccano, o si sovrapongono colla semplice diversa inclinazione della testa. Per esempio si metta il piano del lembo orizzontale, e sia XY, fig.[a] 11.[a], la linea parimente orizzontale che divide l' obbiettivo del cannocchiale in due segmenti, di cui il superiore serve alla visione diretta, e l'inferiore alla visione riflessa. Se si mira ad un oggetto ben de-

finito, come sarebbe il disco del Sole, o ad un corpo terrestre isolato, e si separi l'immagine in due che si tocchino, quando l'osservatore sta diritto, cioè quando la linea che passa pei centri dei suoi occhi riesce parallella ad XY, queste immagini non si toccheranno più se inclina la testa in modo che la linea dei centri degli occhi faccia un angolo con l'orizzontale. Il difetto di contatto cresce col crescere l'obliquità della testa, e diventa massimo all'inclinazione di 45.°

Nella supposizione che l'immagine riflessa rimanga nel campo del cannocchiale, che rovescia, alla destra della immagine diretta, e che l'occhio sinistro sia il più alto, prendendo la linea dei centri degli occhi la posizione *dr*, le due immagini si vedono staccate. Al contrario inclinando la testa in guisa che l'occhio sinistro rimanga il più basso, ed il destro più alto come in RD, le stesse due immagini sembrano mordersi, o sovrapporsi.

La ragione di questa diversità, che altera non poco la misura degli angoli, si ha dalla conformazione dell'occhio umano il quale non rifrange simetricamente la luce, ma fa convergere i raggi che passano pel piano verticale più presto di quelli che passano per il piano orizzontale, precisamente come lo farebbe un'elissoide di rivoluzione di cui il maggior asse si trovasse nella direzione dei centri dei due occhi (10). Da tale conformazione dell'organo della vista ne deriva che rappresentando *dr* il suo asse maggiore nella prima posizione

---

(10) Il Chiarissimo Astronomo Airy, nelle Transazioni di Cambridge parla della rifrazione diversa che succede in uno dei suoi occhi secondo la posizione varia del piano d'incidenza, e descrive un ingegnoso metodo di correggere quella imperfezione, che egli riguarda come un difetto particolare. Delle esperienze che ho eseguite sopra centinaja di persone di differenti età, e differenti viste, mi hanno provato che l'occhio umano in rapporto alle sue sezioni, è presbite nel senso orizzontale, e miope nel verticale: la maniera di rendere evidente questo fatto, e le conseguenze che ne deduco, sono esposte in una mia Memoria *sopra la dispersione dei colori e l'abberrazione di figure nell'occhio*, letta all'I. e R. Accademia dei Georgofili il 3 Marzo 1833.

della testa, la luce che l' obbiettivo trasmette a dipingere l'immagine dal punto di contatto, cioè dei due punti coincidenti dell' oggetto, entrata che sia nell' occhio non avrà più per sezione un circolo ma bensì un elissi *dnrm*. Di quest' elissi la porzione *dnm* appartiene all' oggetto veduto direttamente e la porzione *nmr* all' oggetto veduto per riflessione. Ora l'impressione che il segmento *mdn* fa nella retina si può considerare circoscritta ad un punto K; ove corrisponde il massimo lume, e così l' impressione del segmento *mnr* ad un altro punto *h*, centro egualmente di maggior splendore. L' estremità destra adunque dell' oggetto non riflesso, terminando in K, e l' estremità sinistra del riflesso terminando in *h*, indica che le due immagini devono apparire, come di fatti appariscono separate.

Che se la testa si gira 90.° gradi dalla posizione precedente dirigendo l' asse maggiore dell' occhio lungo RD, con simili considerazioni si giunge a concludere che l' immagine sinistra avendo la sua estremità destra in *p* dovrà mordere l' immagine destra che ha la sua estremità sinistra in *q*.

La figura dell' occhio non influisce per rendere erronea solamente la misura degli angoli col mezzo del Sestante di riflessione, essa altera nella stessa maniera le distanze usando qualsivoglia istrumento a separazione d' immagini, ove la pupilla rimane bipartita da un piano, da una parte del quale entrano i raggi diretti, od in qualunque guisa rifratti o riflessi, che vanno a formare la prima immagine, e dall' altra parte entrano quelli che servono a dipingere la seconda immagine. Così sono soggetti al medesimo difetto l' Eliometro, il Micrometro obbiettivo, il Micrometro oculare, i Micrometri di Ramsden, di Brewster, d' Amici.

Per estimare la quantità dell' errore proveniente dalla aberrazione di simetrìa sulla retina, io mi sono servito, prima della camera lucida. Guardando con questa un oggetto lontano vi ho fatto corrispondere sulla carta un piccolissimo punto d' inchiostro, quando il piano riflettente tagliava orizzontal-

mente la pupilla. Avuto riguardo a tutte le precauzioni onde escludere la parallassi, ho girato poscia l'occhio intorno al proprio asse ottico, ed ho notato il trascorrimento che il punto d'inchiostro, riferito sull'oggetto lontano, faceva nelle due posizioni di massimo, e minimo cioè di 45.° e 135.° di ruotazione dell'occhio. Misurato in seguito con un cerchio la distanza angolare corrispondente al trascorrimento osservato, ho trovato che essa ascendeva a più di 3 minuti. Questa quantità costante l'ho verificata ancora con maggiore precisione adoprando varii istrumenti a separazione d'immagini con cannocchiale. Essa ha per valore la massima differenza degli angoli misurati sotto le varie posizioni dell'occhio moltiplicata per l'ingradimento del cannocchiale. Ambidue i miei occhi non differiscono sotto questo rapporto, e varie prove che ho istituito sopra altre persone aventi occhi perfetti (non importa se miopi, o presbiti) mi hanno fatto conoscere poca discrepanza della quantità dell'aberrazione per me stabilita.

Di quì si comprende come le misure di distanza delle stelle doppie, o dei diametri dei pianeti, possono essere errate d'una non trascurabile quantità anche adoprando ingrandimenti considerabili. Se l'amplificazione fosse di 360 volte, l'errore ammonterebbe a mezzo minuto secondo nella misura di due diametri normali fra loro, ed inclinati all'orizzonte di un semiretto. Parimente diverse debbono riuscire quelle misure d'uno stesso diametro, o di una stessa stella doppia presa in due differenti posizioni del Cielo, per esempio, quando l'oggetto fosse prima all'oriente, e poscia all'occidente. Imperocchè supposta anche la testa immobile, ed orizzontale, si è obbligato di ruotare l'istrumento per adattarlo all'osservazione dell'astro diversamente collocato nel Cielo, locchè produce il medesimo effetto che un piegamento del capo.

Niuno aveva dubitato finora che la figura dell'occhio umano potesse contribuire a rendere disuguali le misure d'uno stesso angolo malgrado la perfezione dell'istrumento impiegato. Il fatto però è sicuro, e vado a dimostrare come esso si lega

ad altra causa d'errori parimenti non considerata avanti; la quale più potente ancora di quella di cui si è fatto cenno richiama l'attenzione degli osservatori, per evitarne l'Influenza particolarmente nelle dilicate ricerche micrometriche. Questa deriva dall' obbiettivo del cannocchiale, il quale per la sua irregolare configurazione, o per difetto di *centratura*, o d'inclinazione all' asse del tubo rende le immagini dissimili dagli oggetti.

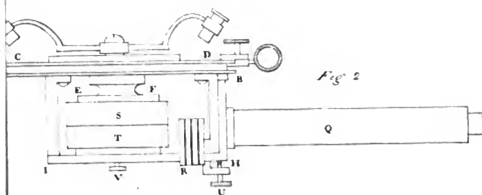
La forma, la quale la natura ha dato al nostro occhio capace di rifrangere più fortemente i raggi di luce in un senso che nell' altro, può essere imitata dall' arte nella costruzione dell' obbiettivo. Senza che l'artefice lo desideri, accade qualche volta che le lenti nel solo pulimento acquistino maggior curvatura in una parte che in un' altra. Non spiegherò quì le circostanze che contribuiscono a produrre tali irregolarità; basta dire che esistono, ed io ho costruito degli obbiettivi acromatici, e parecchi ne ho veduti usciti da celebri officine, nei quali l' aberrazione è riuscita elittica in un grado anche superiore a quello che offre l' organo di nostra visione. Con un obbiettivo di questa specie adunque si riproducono tutte quelle particolarità che abbiamo notate relativamente alla posizione dell' occhio. Supponendo infatti l' occhio immobile ed attento ad osservare il contatto di due oggetti, gli vedrà ora mordersi, ora staccarsi col solo ruotare il cannocchiale intorno il suo asse. Tali alternative saranno più o meno sensibili secondo la figura dell' obbiettivo. Anche un obbiettivo incassato in maniera che non resti perpendicolare al tubo del cannocchiale esibisce lo stesso fenomeno del precedente, per l'aberrazione allungata che ne deriva, la quale essendo subordinata al rapporto dei raggi di curvatura della superficie delle lenti può in certi casi perfettamente somigliare all' aberrazione dell' occhio. È poi da notarsi che se contemporaneamente alla ruotazione del cannocchiale si ruota anche l' occhio, le sovrapposizioni e separazioni delle immagini cresceranno, o diminuiranno secondo che la disposizione della testa sarà cospirante,

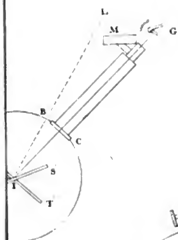
o no con quella dell' obbiettivo. Nella figura 11. RKD*h*, rappresentando la sezione del pennello ottico trasmesso dall' obbiettivo, se la linea che passa pei centri degli occhi è parallella ad RD, allora la sopraposizione delle due immagini diventa maggiore di quello che lo sia quando la linea dègli occhi si dispone in *h*K perpendicolare ad RD. Così girando 90° gradi il cannocchiale, se gli occhi sono parallelli a *dr*, i due dischi riescono più separati, e lo diventano meno se gli occhi sono parallelli a *qp*.

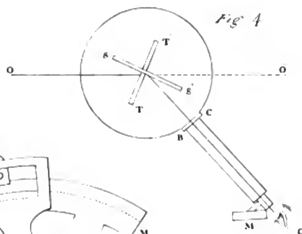
Nell' uso del Sestante e del circolo di riflessione non è da temersi alcuna alterazione nelle distanze, se il cannocchiale rimanga al medesimo posto tanto nella determinazione dell' angolo, come nella ricerca dell' errore di collimazione. Ma se si tratta di osservazioni fatte col Micrometro, e specialmente con l'Eliometro, la figura dell' obbiettivo, o la sua obliquità può condurre a gravi sbagli. Forse si opporrà che gli obbiettivi i quali producono un' aberrazione elittica, non possono mostrare distintamente gli oggetti. Risponderò che ciò è ben lungi dall' esser vero, imperocchè un obbiettivo regolare, ed esattamente montato può essere superato da un altro obbiettivo meno perfetto, ed obliquamente posto, purchè l' aberrazione di quello sia eguale a quella dell' occhio ed agisca in senso contrario. Io posseggo degl' istrumenti espressamente eseguiti per porre in chiara evidenza questo fatto. Ed io ho messo a profitto questa cognizione in alcune mie macchine, specialmente nei miei Micróscopj orizzontali, i quali sono centrati in modo che ogni altra posizione degli obbiettivi girati sul proprio asse renderebbe meno distinta la visione. L'aberrazione delle lenti vi si trova disposta in guisa da correggere, o diminuire quella dell' occhio, il quale rimane applicato al tubo sempre in una positura. Non sarebbe utile di centrare egualmente i vetri di quell' istrumento, in cui l' occhio è in libertà di presentarsi in differenti maniere al pennello emergente, come in un Microscopio verticale, in un Equatoriale ec., ma si può trarne vantaggio per i Cerchi meridiani, pei Teodoliti, pei cannocchiali a piede semplice ec.

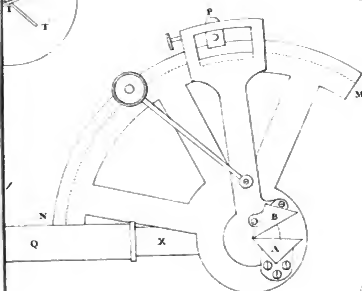
L' Eliometro acromatico di Dollond padre, che possiede l' osservatorio di Firenze, esaminato attentamente offre in un senso le misure 2",8 più grandi che nell altro senso normale. Quest' errore non comprende quello derivante dall' occhio, ma nasce tutto dalla sola aberrazione dell' obbiettivo il quale tuttavia si può contare fra gli eccellenti di quell' autore, tanto pel suo acromatismo, come per la migliore centratura dei tre vetri di cui è composto.

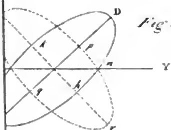
Il celebre Fraunhofer ha portato al più alto grado di perfezione i suoi obbiettivi, così altri artisti di grande rinomanza si sono distinti con dei capi d' opera. Non si potrebbe per altro asserire che tutti questi stupendi lavori andassero affatto esenti da qualche irregolare rifrazione. Per iscuoprirla vi vogliono delle esperienze dirette eseguite con quella minuta diligenza ed attenzione che solo una lunga pratica può insegnare. Gli osservatori intanto avvertiti delle cagioni che possono influire ad alterare le più delicate misure, non vorranno, credo, trascurare i mezzi che valgono ad eliminarle.

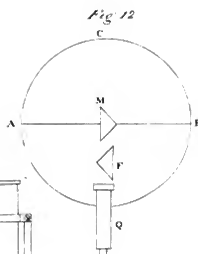

C
D
B
Fig. 2
E
F
S
T
Q
I
V
R
H
U

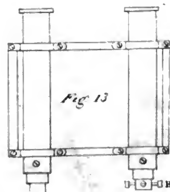

L
M
G
B
C
S
T

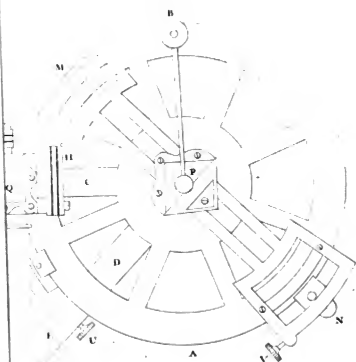

Fig. 4
T
S
O
O
S
T
C
B
M
G

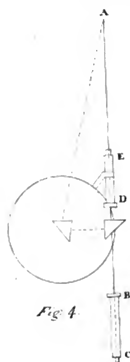

P
M
N
B
Q
X
A

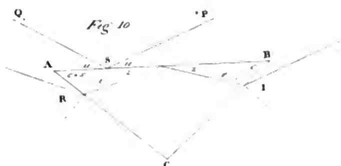

D
Fig. 11
Y

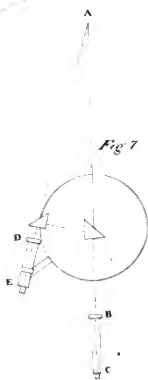

Fig. 12
C
M
A
B
F
Q

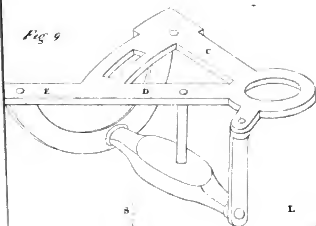

Fig. 13
B

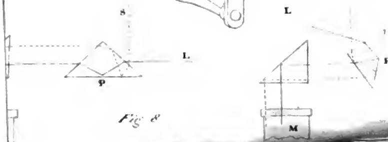

Fig 5
Z
B
M
H
Q
P
D
N
U
A
V


A
E
D
B
C
Fig: 4.


Q
P
Fig 10
A
S
B
R
I
C


A
Fig 7
D
E
B
C


Fig 9
E
D
C


S
L
P
S
L
P
M
Fig 8